

# Samodling som redskap i odlingssystem

Intercropping as a tool in cultivation systems

*Kajsa Norén*



Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap

Självständigt arbete • 15 hp • Grundnivå, G2E

Trädgårdsingenjörsprogrammet odling • Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU  
Alnarp 2013

**Titel:** Samodling som redskap i odlingssystem

**Författare:** Kajsa Norén

Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

Fakultet för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap, SLU, Alnarp

**Handledare:** Birgitta Rämert, SLU,

LTJ-fakulteten, Institutionen för Växtskyddsbiologi

Erik Steen Jensen, SLU,

LTJ-fakulteten, Institutionen för Biosystem och Teknologi

Linda-Marie Rännbäck, SLU,

LTJ-fakulteten, Institutionen för Växtskyddsbiologi

**Examinator:** Georg Carlsson, SLU,

LTJ-fakulteten, Institutionen för Biosystem och Teknologi

**Omfattning:** 15hp

**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E

**Kurstitel:** Kandidatarbete i trädgårdsvetenskap

**Kurskod:** EX0495

**Program:** Trädgårdsingenjörsprogrammet odling

**Utgivningsort:** Alnarp

**Utgivningsår:** 2013

**Omslagsbild:** Kajsa Norén, samodling. Göteborgs botaniska trädgård, Göteborg

**Serietitel:nr:** Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** samodling, samodlings system, samodlings metoder, samodling användning.

**Engelsk titel:** Intercropping as a tool in cultivation systems

**Keywords:** intercropping, intercropping systems, intercropping methods.

## **TACK!**

Jag vill börja med att tacka mina handledare, Birgitta Rämert, Linda-Marie Rännbäck och Erik Steen Jensen, som har bidragit med inspiration, kunskap, tips och goda idéer på ett ytterst ödmjukt sätt.

Jag vill även tacka mina nära och kära för allt stöd under arbetets gång.  
Ni förgyller min vardag och mitt liv.

## **Sammanfattning**

Samodling är en odlingsmetod som kan användas för att förbättra dagens odlingssystem. Metoden innebär att två eller flera kulturer odlas tillsammans under en större del av växtsäsongen. Samodling kan användas på flera olika sätt för att förbättra odlingsförhållandena för antingen huvudgrödan eller hela odlingen. Den har en bevisad effekt på olika skadegörare och kan minska angreppen i odlingen. Samodling kan även användas för att minska ogrässpridningen, förbättra mikroklimatet, samt öka antalet maskar och naturliga fiender i odlingen. Metoden medför att växterna kan utnyttja omgivande resurser, bättre än om de odlas separat i renbestånd. Den ger oftast fler effekter än beräknat. Även om samodling huvudsakligen används mot skadegörare kan metoden också ha effekt på ogräs och förbättra näringsutnyttjandet i odlingen. Odlingsmetoden kan användas för att ersätta eller minska användandet av agrara insatser, utan att skördeutbytet påverkas negativt. Vid samodling krävs färre insatsmedel i odlingen.

Odlingsmetoden är applicerbar i stora odlingssystem såväl som i små hemträdgårdar. Samodling kan bidra till en god livsmedelsproduktion utan att skördeutbytet påverkas när två eller flera kulturer odlas tillsammans på samma fält. Det är dock viktigt att ta hänsyn till konkurrensen som kan uppstå mellan växterna. För att undvika konkurrens bör arter som odlas i ett samodlingssystem komplettera varandra.

## Innehållsförteckning

<b>Inledning .....</b>	<b>1</b>
Bakgrund .....	1
Mål och syfte .....	1
Frågeställningar .....	1
Metod .....	1
Avgränsning .....	1
<b>Litteraturstudie .....</b>	<b>2</b>
Vad innebär samodling? .....	2
<b>Ekologiska principer inom samodling.....</b>	<b>4</b>
Konkurrens .....	4
Konkurrens mellan arter .....	5
Nisch .....	5
Komplement .....	6
Mått för jämförelse .....	7
<b>Samodling.....</b>	<b>7</b>
Användningsområden .....	7
Ogräs .....	8
Svampsjukdomar .....	9
Skadeinsekter .....	9
Vatten och ljus.....	10
Näringsutnyttjande .....	11
<b>Diskussion .....</b>	<b>12</b>
<b>Slutsats .....</b>	<b>15</b>
<b>Källhänvisning.....</b>	<b>16</b>

# Inledning

## Bakgrund

För att utveckla hållbara odlingssystem måste resursanvändandet förbättras. Samodlingen kan vara ett sätt att ta tillvara på och utnyttja enkla resurser och medel för att förbättra odlingen på olika sätt. Metoden kan användas till odling av bland annat livsmedel, antingen genom att alla kulturer skördas eller att vissa växter utnyttjas som fång- och fångstgröda, bo- och förökningsplats för predatorer och för att locka till sig pollinatörer. Samodling skulle även kunna bidra till och resultera i andra positiva effekter för huvudgrödan i samodlingen.

Min tanke med arbetet är att försöka definiera och diskutera kring vad samodling är, vilka användningssätt som finns och hur det kan påverka odlingssystemen och resursutnyttjandet, men även lyfta fram problematiken kring samodling och användandet.

## Mål och syfte

Studiens syfte är att sammanställa publicerad litteratur inom ämnet, för att förklara innebörden av samodling. Arbetet syftar också till att undersöka hur samodling kan användas och hur det kan utnyttjas i olika odlingssystem.

## Frågeställningar

1. Vad innebär samodling?
2. Vilka för- och nackdelar finns det med samodling?
3. Hur kan samodling användas som redskap i utvecklingen av hållbara odlingssystem?

## Metod

Frågeställningen besvaras genom en litteraturstudie där vetenskapligt publicerat material och böcker som behandlar ämnet samodling sammanställs. Materialet är insamlat från handledare, SLUs bibliotek och söktjänster (Primo och Web of knowledge). En mindre del är insamlad från Google Scholar.

## Avgränsning

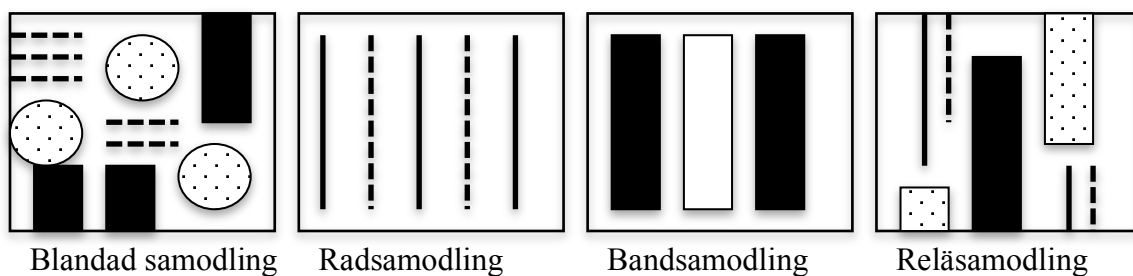
Studien kommer inte fokusera på de matematiska beräkningar som exempelvis används för att räkna ut skördeutbyte. Den inriktar sig inte på ekonomi, maskiner och tekniska lösningar kring samodling eller produkters hållbarhet efter skörd.

## Litteraturstudie

### Vad innebär samodling?

Samodling definieras som en odlingsmetod där två eller flera kulturer samtidigt odlas tillsammans på ett område (Willey, 1979). Metoden ingår i odlingsformen *multiple cropping*, där flera arter odlas tillsammans genom olika former av samodling (Vandermeer, 1989). Odlingen kan utformas på flera olika sätt och ske mellan annueller, biennier, perenner och vedartade växter. De kan odlas i allt från enkla till komplexa system, som kan förväntas ge samma skörd som arter odlade i renbestånd (Liebman, 1987). Vid samodling påverkar växterna varandra biologiskt under den tid de odlas tillsammans. Beroende på den fysiska interaktionen och samspelet mellan växterna delas de in i tre kategorier. Samodlingskulturer som odlas och inte har samröre med varandra kan kallas för sekvensodling, de som har ett visst samröre reläodling och de som har en tydlig samrörelse full samodling (Vandermeer, 1989). Det som skiljer dem åt är tiden kulturerna odlas tillsammans och överlappningen mellan kulturerna (Willey, 1979).

För att en odling ska klassas som samodling måste odlingen av kulturerna ske under samma år. De måste även växa tillsammans under en signifikant större del av odlingssäsongen (Willey, 1979). Metoden är motsatsen till odling av arter i renbestånd (Vandermeer, 1989). Samodling kan ske mellan olika kulturer eller olika sortvarianter inom en och samma kultur (Björkman, 2005). Varken sådd eller skörd behöver ske samtidigt för de olika kulturerna (Willey, 1979). De kan infalla på olika datum, beroende på när det är optimalt för de kulturer som odlas (Liebman, 1987). Beroende på odlingens utformning delas samodling in i fyra olika odlingssystem, blandad samodling (*mixed intercropping*), radsamodling (*row intercropping*), bandsamodling (*stripintercropping*) och reläsamodling (*relay intercropping*) (se Fig. 1) (Björkman, 2005., Vandermeer, 1989). Vid blandad samodling blandas växtmaterialet och inget tydligt radsystem används i odlingen (se Bild 1) (Malézieux et. al., 2007). Det medför att utsädet kan blandas eftersom odlingen inte bygger på att kulturerna planteras eller sås i någon speciell ordning. Radsamodling innebär att kulturerna hålls åtskilda (se Bild 2). Det genom att de odlas i separata rader och att kulturer inte blandas i raden. Det som skiljer rad- från bandsamodling (*stripintercropping*) åt är antalet rader kulturen odlas i. Vid bandsamodling odlas kulturerna i betydligt fler rader och band vilket medför att grödorna kan sköras separat och under olika tidpunkter. Vid reläsamodling (*relay intercropping*) växer endast arterna tillsammans under en del av kulturtiden i olika formationer (Björkman, 2005). Inom dessa grupper finns det även en stor variation gällande plantering- och radavstånd (se Bild 3) (Malézieux et. al., 2007).



**Figur 1.** Blandad samodling: arterna odlas utan tydligt radsystem. Radsamodling: arterna skiljs åt i rader. Bandsamodling: arterna skiljs åt och odlas i flera rader jämte varandra (band). Reläsamodling: arter som odlas tillsammans under en del av odlingssäsongen.

Ur Vandermeer, 1989 & Malézieux, 2007.



**Bild 1.** Exempel på blandad samodling mellan kålväxter, kronärtskocka och dahlia.

Foto: Kajsa Norén



**Bild 2.** Exempel på radsamodling av vete och åkerböna.

Foto: E.S Jensen



**Bild 3.** Exempel på samodling mellan majs och åkerböna. Majsen odlas i enkla rader medan åkerbönan odlas i band.

Foto: E.S Jensen



## Ekologiska principer inom samodling

### Konkurrens

Samodling är en metod för att öka mångfalden i odlingen och i fält (Klindt Andersen, 2005). Metoden grundar sig i den teoretiska ekologin och problematiken kring hur interaktionen mellan arter förändrar de omgivande miljö- och växtförutsättningarna (Vandermeer, 1989). Det är en praktisk odlingsmetod som bygger på de ekologiska principerna om diversitet, konkurrens och facilitation (Hauggaard-Nielsen et al., 2008). Växter som odlas tillsammans påverkar varandra, direkt och indirekt. Det exempelvis genom att växten först inverkar på miljön och sedan svarar den på de förändringarna som skett, det vill säga effekt och respons. Enligt de ekologiska principerna, kommer nästan alltid samodlingsväxter på ett eller annat sätt att konkurrera med varandra om platsens resurser (Vandermeer, 1989). En stor del av konkurrensen sker i marken om vatten samt näring och interaktionen som sker mellan rötterna har en stor påverkan på växten. Konkurrensen och rotinteraktionen skiljer sig beroende på odlingens utformning och vilket odlingssystem som används (blandad, rad, band eller reläsamodling). Samodlingens framgång beror mycket på hur arterna kan tolerera varandras rotsystem, bredd och djup. De interaktioner en växt har med andra växters rotsystem kan förändras beroende på effekt och respons, men den är alltid artspecifik. Det innebär att växten har olika interaktioner med olika arter. Hur fort växter etablerar sig efter sådd och plantering, påverkar också konkurrensen. Arter som etablerar sig snabbt, blir oftast mer dominanta (Tosti & Thorup-Kristensen, 2010). För att minska konkurrens och dominans, kan samodlingsgrödor sås in senare. I försök med morötter och lusern, i syfte att minska angreppen av morotsflugan, kunde lusern sås in 2-4 veckor senare, för att minska konkurrensen med morötterna utan att effekten på morotsflugan avtog (Rämert & Adelsköld, 1995).

Konkurrens kan uppstå när växter utnyttjar samma resurs (*exploration competition*) eller stör varandra under kulturtiden, exempelvis genom skuggning (*interference competition*). Det kan bero att avståndet mellan plantorna krymper och når en kritisk punkt, exempelvis genom att de breder ut sig (Horwith, 1985). Enligt principen om konkurrens (*competitive exclusion principle*) kan två arter växa tillsammans om konkurrensen mellan dem är svag. Är konkurrensen däremot hög, kommer en av dem att dö ut (Vandermeer, 1989). Det finns huvudsakligen två former av konkurrens om resurser mellan arter, intraspecifik och interspecifik. Det som skiljer dem åt är att vid intraspecifik konkurrens, sker konkurrensen mellan individer av samma art och vid interspecifik sker den mellan olika arter (Gliessman, 2007). Den interspecifika konkurrensen kan förklaras som rotsystemets spridning i tid och rum, exempelvis hur fort rotsystemet utvecklas och hur det sprider sig i marken (Hauggaard-Nielsen et al., 2001). Trots konkurrensen mellan två arter, kan förhållandet mellan dem vara positivt. För den ena arten kan det innebära skydd från skadegörare och för den andra en bättre näringstillgång (Vandermeer, 1989). Om arterna utnyttjar olika resurser och konkurrensen är större mellan individer av samma art (intraspecifik) istället för olika arter (interspecifik), kan de växa tillsammans

(Hart, 1986). Utöver konkurrens kan samodlingsväxterna påverkas av de förändringar som sker i miljön och som indirekt förändrar odlingsförhållandena. Det är faktorer så som vind, temperatur, markstruktur och insektspopulation (Gliessman, 2007).

### **Konkurrens mellan arter**

Det finns två teorier kring hur växter som odlas tillsammans påverkar varandra, *competition product principle* och *facilitation product principle*. *Competition product principle* innebär att den ena växten genom konkurrens påverkar omgivande miljö negativt för andra växter i ett samodlingssystem. Det kan verka negativt för båda växterna, men kan leda till att båda kulturerna tvingas utnyttja resurserna bättre i förhållande till om de odlats i renbestånd (Vandermeer, 1989). Den negativa effekten av konkurrensen beror på två reaktioner, avlägsnande (*removal*) och tilläggande (*additional*). Vid en avlägsnande reaktion (*removal*), försvinner en resurs från den ena växten. Det beror på att den andra växten har bättre konkurrensförmåga och kan använda resursen snabbare eller lättare (Gliessman, 2007). Reaktionen kan leda till att båda arterna utnyttjar olika rotdjup för att komma åt samma resurs (Vandermeer, 1989). Tilläggande reaktion (*additional*) innebär istället att växten lägger till ytterligare en produkt eller ämne till omgivande miljö som påverkar växten, exempelvis genom alleopati (Gliessman, 2007).

Vid *facilitation product principle* sker det istället en positiv förändring av den omgivande miljön för den ena växten (Vandermeer, 1989). Den ena växten hålls tillbaka, till förmån för den andra växtens tillväxt och välbefinnande (Piepho, 1995). Det kan vara så att två arter använder sig av samma resurs i ekosystemet, men på olika sätt. Den ena arten kan även göra en resurs tillgänglig för den andra genom facilitation (Vandermeer, 1989). Om två arter istället påverkar varandra positivt kallas det för dubbel facilitation eller mutualism (Vandermeer, 1989). Det innebär att ett symbiotiskt förhållande skapas mellan dessa arter, exempelvis baljväxter och *Rhizobium*-bakterier (Gliessman, 2007). Symbiosen mellan växter och mykorrhiza svampar är också en form av facilitation. Förhållandet ger dem tillgång till näring som de själva inte kan tillgodose sig med (Vandermeer, 1989). Om den ena parten försvinner i förhållandet, får det negativa konsekvenser och vissa arter klarar sig inte utan symbiosen. Mutualism är att föredra, eftersom det innebär att arterna inte konkurrerar, utan istället har ett symbiotiskt förhållande (Gliessman, 2007). Det syftar även till en situation där växterna trivs bättre tillsammans, än om de odlats separat (Piepho, 1995). I samodling kan det dock vara svårt att urskilja mutualism, eftersom odlingsmetoden i sig har en stor inverkan på växten (Gliessman, 2007).

### **Nisch**

Växter med skilda nischer i tid och rum utnyttjar den omgivande miljöns resurser olika, vid skilda tidpunkter och på olika sätt. Artens nisch inverkar på konkurrensen mellan växterna, beroende på vilka resurser arten utnyttjar, när och hur (Gliessman, 2007). Fundamental nisch är ett mått på hur växter

utnyttjar miljön och omgivande resurser, innan den interagerar med andra arter. Den realiserade nischen syftar istället på när växten har interagerat med en annan art. I de flesta fall uppstår konkurrens om resurser efter en interaktion skett mellan växterna (Vandermeer, 1989). Samodling blir lönsamt om det finns en skillnad mellan växternas nischer eller att de kompletterar varandra och utnyttjar resurser olika (Gliessman, 2007). Renbestånd utnyttjar sällan alla resurser eller hela nischen och den omgivande miljön. Det innebär att en samodlingsgröda med fördel, kan användas utan att störa huvudgrödan, eftersom båda huvudsakligen utnyttjar olika nischer. Om två nischer inte helt överlappar varandra, kan de inte heller konkurrera (Vandermeer, 1989).

### **Komplement**

För att minska konkurrensen mellan arter i ett samodlingssystem kan kompletterande arter användas (Gliessman, 2007). Det innebär att arterna använder resurserna vid olika tidpunkter, antingen genom tidsmässig komplettering (*temporal use/complementary*) eller rumslig komplettering (*spatial complementary*). Vid tidsmässig komplettering (*temporal use/complementary*) används resursen under en viss tid eller tidsperiod, vilket innebär att två kulturer använder samma resurs, fast under olika tidpunkter (Willey, 1979). Det kan även vara så att rotsystemet utvecklas under olika tidpunkter och därav utnyttjas näringen under olika perioder (Liebman, 1987). Rumslig komplettering (*spatial complementary*) är istället när arterna kompletterar varandra och inte konkurrerar om resurserna rumsligt, exempelvis genom att ha grunt och djupt rotsystem (Willey, 1979). Genom att använda arter vars nischer kompletterade varandra kan konkurrensen minska. Även om nischerna inte helt kompletterar varandra, är det viktigt att den interspecifika konkurrensen är mindre än den intraspecifika (Gliessman, 2007). Samodling handlar till stor del om att förbättra och maximera användandet av arter som kompletterar varandra och minska den interspecifika konkurrensen (Willey, 1979). Störst fördelar ges om samodlingsgrödorna består av växter med skilda morfologiska, fenologiska och fysiologiska egenskaper (Klindt Andersen, 2005). Kompletterande arter konkurrerar sällan om samma resurser (Willey, 1979). Istället kan de mer effektivt utnyttja de resurser som finns, så som ljus, vatten och näring. Ärt och korn är exempel på arter som genom kompletterande egenskaper, fördelaktigt kan odlas tillsammans. De använder olika kvävekällor. Kornet tar upp kvävet som finns i marken och ärtväxterna fixerar kvävet från atmosfären (se Bild 4). Om processen däremot skett enligt *facilitation product principle*, hade ärtväxten fixerat kväve åt kornet (Jensen, 1996). Samodling kan även förebygga skadedjursangrepp och sjukdomar (Klindt Andersen, 2005).



**Bild 4.** Ärt och korn i samodling. Arterna kompletterar varandra och kornet tar upp kvävet som finns i marken medan ärtväxterna fixerar kvävet från atmosfären.

Foto: E.S. Jensen

### Mått för jämförelse

Det finns ett flertal matematiska formler att använda vid samodling och för att beräkna olika situationer. De tre mest använda och förekommande är LER, RVT och RYT. Det är mått som används för att kunna bedöma skillnaden i produktionen mellan samodling och renbestånd. LER (Land Equivalent Ratio) räknar ut hur stor yta som behövs av kulturerna i renbestånd för att producera samma mängd som ett hektar med samodling. Är den ytan större än ett hektar med samodling, är odling i renbestånd mindre lönsam, eftersom det kräver mer odlingsutrymme i förhållande till det som produceras. RVT (Relative Value Total) räknar på hur stor yta som behövs vid renbestånd för att producera och generera samma inkomst som en hektar med samodling, med samma skötsel (Vandermeer, 1989). Begreppet RYT (Relative Yield Total) är ett mått på värdet av det som produceras och kan säljas (Theunissen, 1997). En helhetssyn bör finnas med vid utvärdering av samodling. Långsiktigt kan odlingssystemet bidra med ekosystemtjänster av större värde än en eventuell skördeminskning och det måste tas med i bedömningen (Björnmkan, 2005).

## Samodling

### Användningsområden

Samodling kan användas och utformas på flera olika sätt beroende på vad odlaren vill uppnå (Altieri & Liebman, 1986). Det kan vara ett sätt att ersätta eller minska agrikulturella insatsmedel, exempelvis kemikalier, gödselmedel och ogräsbeatbetning (Vandermeer, 1989). Metoden kan användas för att bygga upp en population av naturliga fiender, genom ökning av biodiversiteten (Theunissen, 1994). Samodling kan också användas för att förbättra förhållandena för huvudgrödan eller minska konkurrensen mellan grödor som redan odlas tillsammans (Altieri & Liebman, 1986). I subtropiska länder används samodlingsmetoden främst för att minska risken för utebliven skörd, eftersom den sprids ut på flera komponenter. Om en komponent i samodlingen presterar dåligt, exempelvis

på grund av väderförhållanden, har odlaren fler kulturer som kan skördas. Det blir sällan helt utebliven skörd vid samodling, vilket är en trygghet för odlaren (Vandermeer, 1989). Det går även att använda metoden för att förbättra resursutnyttjandet. Växterna fördelar ofta resurserna bättre tillsammans än om de odlats separat (Willey, 1979). Beroende på vilken växtkombination som används vid samodling, anses metoden inte ha någon större negativ inverkan på odlingsmarken (Parkhurst & Francis, 1986).

Fördelarna är inte endast rent odlingsmässiga med stabila och bättre skördar. Samodling kan på längre sikt öka mångfalden i odlingslandskapet. Detta genom att odlingsmetoden består av flera arter i olika växtkombinationer som odlas tillsammans under en och samma säsong. En ökad diversitet och mångfald kan leda till bättre förutsättningar för skadedjur, men också för de naturliga fienderna som kan bekämpa dem (Björkman, 2005). Samodlingssystem med minskad mängd insatsmedel har i förhållande till konventionella odlingsystem även en positiv inverkan på maskar, en viktig tillgång i naturen. I Storbritannien och på Irland samodlades klöver som permanent marktäckare i vete under en treårsperiod. Maskpopulationen var signifikant större vid samodlingen än vid renbestånd av vete. Populationen bestod av fler arter och en jämnare spridning av antalet maskar i fält. Genom samodlingssystemet fick maskarna större tillgång på växtmaterial. Det användes även mindre gödsel- och bekämpningsmedel (Schmidt et al., 2001). Hur arterna påverkar varandra vid samodling kan även leda till förändringar i upptaget av metaller (krom, koppar, järn och kadmium). Under ett odlingsförsök i Kina studerades olika kulturers förmåga att absorbera metaller vid samodling och i renbestånd. Upptaget av metaller minskade när majs, japanskt klöver och kål samodlades, oavsett vilka kombinationer de odlades i. När tomater samodlades med majs, japanskt klöver och kål, ökade däremot upptaget av krom, koppar, järn och kadmium i tomat. Det var dock endast den samodlade majsens halter som gjorde den ätlig, medan de andra växterna var oätliga (An et al., 2011). Samodling behöver inte påverka den odlade produkten negativt. Vid ett treårigt odlingsförsök i Turkiet jämfördes vitkålens näringsinnehåll vid samodling och i renbestånd. Det fanns inga signifikanta skillnader i innehåll av kväve, fosfor, kalium, kalcium, mangan och järn mellan odlingssystemen (Yildirim & Guvenc, 2005).

## **Ogräs**

Samodlingsmetoden kan med fördel användas för att minska ogrästrycket för en huvudgröda (Liebman, 1987). Det är dock inte bara till att tillsätta en art i odlingen. När samodling används för ogräskontroll måste den anpassas för att klara konkurrensen av ytterligare en art. Istället för förhållandet mellan de två arterna, kommer en tredje ogräsart in, som interagerar och konkurrerar individuellt med de båda arterna (Vandermeer, 1989). För att minska ogrästrycket måste samodlingsgrödorna komplettera varandra, så att fler men olika resurser utnyttjas samtidigt. Det för att minska risken att ogräset hittar en resurs som den kan utnyttja. Sedan gäller det att använda en, eller flera grödor som fördelaktigt kan konkurrera med ogräset om de

begränsade resurserna (Altieri & Liebman, 1986). Samodlingsgrödornas samverkan i odlingen påverkar ogräset negativt, främst genom konkurrens om tillgängligt kväve och ljus (Corre-Hellou et al., 2011). Genom denna konkurrens minskar ogräsets biomassa i fält (Vandermeer, 1989). Samodling har på grund av samverkan mellan grödorna och konkurrensen en bra effekt mot ogräsmängden. I försök med ärt och korn hade de samodlade bestånden mindre andel ogräs även vid låg andel insådd korn i jämförelse med ärt i renbestånd (Corre-Hellou et al., 2011). I vissa fall kan dock systemen vara jämlika, dock har samodling en fördel genom att växterna utnyttjar annars oanvända nischer och resurser bättre. Samodlingsgrödans effekt mot ogräs påverkas också av mängden ogräs, ogrässammansättningen och antalet skadedjur, eftersom de har en inverkan på samodlingsgrödans konkurrensförmåga och vitalitet (Altieri & Liebman, 1986). För att minska ogräsmängden kan samodlingsgrödor också användas som marktäckare. De sås in mellan raderna för att hålla ogräsen borta. Det kan dock ha en negativ effekt på huvudgrödan om det blir konkurrens om vatten och näring. Marktäckare ger bäst resultat om deras växtsätt skiljer sig från huvudgrödan, samt använder resurser vid olika och skilda tidpunkter (Altieri & Liebman, 1986).

### **Svampsjukdomar**

En ökad diversitet i odlingen förbättrar växternas förmåga att klara sig mot olika sjukdomsangrepp. Arterna i en samodling reagerar olika på angreppet och kan fördröja spridningen. Tillsammans förändrar de även mikroklimatet (temperatur, ljus, vind och fuktighet), vilket kan leda till minskad sporspridning och att sjukdomen inte får fäste i odlingen (Altieri & Liebman, 1986). Mikroklimatet som bildas vid samodling kan påverka svampsjukdomar på olika sätt. Samodlingsgrödor kan på olika sätt användas som ett skydd för växter som är känsliga för svampangrepp. Det går att förebygga svampangrepp genom att öka avståndet mellan mottagliga växter och plantera in samodlingsgrödor. Samodlingsgrödor kan skapa en fysisk barriär som hindrar svampen att få fäste i odlingen. Det kan åstadkommas genom att använda resistent och icke resistent växter i samodlingen (Liebman, 1987).

### **Skadeinsekter**

För att en samodlingsgröda framgångsrikt ska kunna användas i odlingen måste skadeinsekten studeras och odlingssystemet anpassas specifikt efter den. Sammansättningen av samodlingsgrödorna bör av den anledningen vara lokalt anpassade (Björkman, 2005). Skadeinsekter har en större tendens till att lämna samodlingsgrödor än kulturer odlade renbestånd. Att skadeinsekter påverkas negativt och att angreppen minskar genom samodling är väl dokumenterat (Vandermeer, 1989). Förändringarna i mikroklimatet genom samodling kan påverka insekternas tillväxt och överlevnad (Björkman, 2005). Det finns huvudsakligen tre hypoteser kring hur samodling kan ha inverkan på skadeinsekter. Hypotesen *the disruptive crop* innebär att samodlingsgrödan stör skadeinsekten från att hitta till rätt värdväxt (Vandermeer, 1989). Det skapas en fysisk eller kemisk barriär

mellan skadeinsekten och värdväxten, som minskar och förhindrar angreppen (Björkman, 2005). Hypotesen om fångstgröda (*trap crop*), bygger på att den andra arten i samodlingen lockar till sig skadeinsekten så att inte huvudgrödan angrips (Vandermeer, 1989). Fångstgrödan behöver inte ha någon större ekonomisk betydelse för odlingen, eftersom den endast är till för att skydda huvudgrödan (Björkman, 2005). För att undvika angrepp kan fångstgrödan även planteras en bit från huvudgrödan. Det för att undvika att grödan lockar in skadeinsekten nära huvudgrödan. Den sista hypotesen om naturliga fiender (*enemies*) innebär att samodlingen lockar till sig predatorer och parasitoider (Vandermeer, 1989). Vid ett försök i Florida, USA, samodlades grönsaker med solrosor för att se hur fågellivet påverkades av odlingssystemet. I jämförelse med kontrollen där endast grönsakskulturer odlades, lockade fälten med solrosor signifikant fler insektsätande fåglar (Jones & Sieving, 2006). Att samodla med växter som blommor under en större del av året kan bidra till att naturliga fiender förökas i odlingen. Vissa växter kan även ha en repellerande effekt, smaka illa och utsöndra ämnen som stör eller är giftiga för skadeinsekter. Datumet för plantering av samodlingen kan även ha en inverkan på skadeinsekterna, särskilt när den kompletterande arten sås eller planteras. I olika tillväxtstadium är växter mer attraktiva. Det kan innebära att vissa samodlingsgrödor behöver planteras innan eller efter för att vara på sitt optimum när skadeinsekten för huvudgrödan angriper. Även odlingens utformning och vilka plantavstånd som används, har en inverkan på skadeinsekterna (Altieri & Liebman, 1986). Interaktionen och konkurrensen som sker mellan växter i ett samodlingssystem har även den inverkan på skadeinsekterna. I samodlingsförsök med kål och klöver reducerades puppstorleken hos stora kålflugan. Det berodde delvis på interaktionen mellan växterna, men det fanns även en relation mellan klöver- och äggsdensiteten. Ligninhalten ökade också i rötterna hos kålplantorna ju fler ägg som lades av skadeinsekten. Färre ägg överlevde vid samodling och ligninhalten innebar även en sämre födoplatz för äggen (Björkman et al., 2009). Hur nematoder påverkas av samodling är ännu oklart (Altieri & Liebman, 1986). Det är dock fullt möjligt att använda samodlingsgrödor som fångstgrödor eller liknande mot nematoder i odlingar (Liebman, 1987).

### **Vatten och ljus**

Växterna får genom konkurrens, tillgång till resursen på olika sätt. Samodlingsgrödor kan på flera olika sätt användas för att minska vattenavdunstningen. Generellt minskar avdunstningen om en stor del av markytan är täckt, men växter kan även planteras så att de skyddar mot avdunstning till följd av vind. Växter som används som vindskydd, har en tendens till att skugga växterna något och det kan vara önskvärt för vissa kulturer. Samodling påverkar till viss grad ljusinstrålningen, men använder den även mer effektivt. Det genom att en till kultur utnyttjar ljuset som annars hade träffat marken. En till kultur behöver inte påverka ljusspridningen negativt. Istället kan det till och med öka ljusupptaget genom en bättre ljusspridning och reflektion. Om en skuggväxt samodlas med en annan växt, kommer den andra växten till slut släppa igenom ljus till

skuggväxten när den nått sitt optimum. Växterna kan vara strategiska, tappa blad som inte fångar upp tillräckligt med ljus och sätta nya på bättre lämpade ställen (Vandermeer, 1989, s72).

### **Näringsutnyttjande**

Samodling är en metod som kan användas för att förbättra näringsutnyttjandet i odlingar genom att växterna i samodlingssystemet utnyttjar samma resurs, men på olika sätt (Willey, 1979). Odlingens framgång bygger till stor del på växternas förmåga att komplettera varandra och använda olika nischer, särskilt för rötterna (Tosti & Thorup-Kristensen, 2010). Det innebär att de utnyttjar resurser, exempelvis näring, i olika tid och rum (Gliessman, 2007). Genom att samodla grödor med olika nischer förbättras näringsutnyttjandet i odlingen eftersom fler källor används (Willey, 1979). Rötterna kan exempelvis utnyttja olika rotdjup i jordprofilen eller utvecklas under skilda tidpunkter (Gliessman, 2007). Vid försök med ärt och korn utvecklades rotsystemet fortare hos korn än ärt. Det innebär att kornet snabbare tog upp kväve och när ärtan började växa stimulerades rötterna hos kornet till att gå djupare ner i marken för att ta upp kväve (Hauggaard et, al., 2001). Ett förbättrat kväveutnyttjande i odlingen behöver dock inte betyda att mängden organiskt kvävet i marken ökar, utan att kvävet som finns i marken används mer effektivt (Jensen, 1996). Det kan leda till minskat behov av kvävegödselmedel under odlingsperioden (Hauggaard et, al., 2001). Genom att kvävet utnyttjas mer effektivt kan odlingsmetoden även motverka kväveläckage, exempelvis genom att den ena växten binder och tar upp kväve som annars varit outnyttjat. Kvävet hålls då istället kvar och risken för läckage minskar (Vandermeer, 1989). Förutom ett effektivare näringsutnyttjande kan samodling även innebära en tillförsel av biomassa till odlingen, exempelvis genom att använda olika gröngödslingsgrödor (Gliessman, 2007).



## Diskussion

Det är svårt att förutspå hur framtidens odlingar kommer utformas, men i takt med att befolkningsmängden ökar, ökar även efterfrågan på mat, fibrer och råvaror (Bennette et, al., 2012). I dagsläget odlas grödor vanligtvis i renbestånd. Den odlingsmetoden är i förhållande till samodling mindre komplex vad det gäller planering, skötsel och skörd. Kulturer som odlas i renbestånd har likvärdiga krav gällande näring, vatten och skötselåtgärder. Det innebär att odlaren arbetar med en homogen grupp vars skötselåtgärder kan utföras samtidigt under ett och samma tillfälle. För odlaren anses det enklare att maximera odlingen när kulturerna odlas i renbestånd. Det finns bekämpningsmedel, gödselmedel och maskiner att tillgå för att förenkla arbetet och maximera skörden. Arbetet med samodling anses vara mer krävande för odlaren, ett svårare system att arbeta med. Få maskiner är också utvecklade för att samodla kulturer, vilket kan ses som en stor nackdel (Theunissen, 1997). För att samodlingssystemet ska bli intressant för odlare, måste effekten av samodling kunna ersätta eller optimera en resurs i odlingssystemet (Vandermeer, 1989). Metoden måste ge en positiv effekt i odlingen och för odlaren. Det kan handla om att förbättra näringsupptaget och resursutnyttjandet under odlingssäsongen. Det kan även användas för att på längre sikt förbättra markförhållandena, exempelvis genom ett ökat antal maskar i jorden (Schmidt et, al., 2001). Odlingsmetoden kan ses som ett en metod för att ytterligare optimera det nuvarande odlingssystemet. Samodling kan också användas om odlaren har begränsade möjligheter att rotera kulturerna i långa växtföljder (Bennett et, al., 2012). Odlare kan få större skördeutbyte och flera olika produkter på en mindre yta, samtidigt som odlingen skyddas från skadegörare, samt att insatsmedlen i odlingen kan minska. Om rätt växtkombinationer används kan det innebära en bättre skörd med mindre skötselåtgärder, såväl för stora odlare och som mindre hemträdgårdar. Det är dock inte alla arter som lämpar sig för samodling. Vissa kombinationer kan innebära mer arbete för odlaren i förhållande till skördeutbyte och lönsamhet (Malézieux, 2007). Effektivare näringsutnyttjande kan också leda till näringsbrist om inte odlaren är uppmärksam på att det kan ske. Det är viktigt för odlaren att förstå hur konkurrensen mellan växter uppstår och hur den kan minimeras, främst genom att använda arter som kompletterar varandra. Odlaren behöver kunskap om vilka arter som matchar varandra, samt vilken effekt olika kombinationer ger i odlingen.

Samodling används ofta för att uppnå en effekt i odlingen, men kan samtidigt ge fler effekter än vad som är beräknat. Marktäckande kulturer som samodlas med en huvudgröda för att förvirra skadeinsekter kan även ha en positiv inverkan på ogräset. En marktäckande kultur kan även minska avdunstningen och behålla markfukten. Effekten av samodlingsgrödan är oftast fler än en. Det beror till stor del på den ökade diversiteten och växtens interaktion med omgivningen samt andra växter. Om en skördeminskning sker måste det ställas i förhållande till de fördelar och ekosystemtjänster som odlingsmetoden bidrar till (Björkman, 2005). En minskad skörd borde tolereras om samodlingssystemet innebär mindre insatser i odlingen och förbättrad markfertilitet. Odlingsförsöket med vete och permanent

klöverbädd, visade på att samodlingen förbättrade markförhållandena, gav goda skördar och minskade användningen av herbicider, pesticider och gödselmedel i jämförelse med renbestånd av vete (Schmidt et, al., 2001). Växterna utnyttjade resurserna bättre när de odlades tillsammans eftersom de kompletterade varandra och utnyttjade olika nischer (Willey, 1979). Klövern fixerade kvävet från atmosfären medan vetet istället tog upp kvävet från marken. Oavsett om grödor samodlas eller odlas i renbestånd, kommer det alltid finnas någon grad av konkurrens mellan dem (Vandermeer, 1989). Konkurrensen behöver inte förknippas med sämre skördeutbyte, utan kan istället ge motsatt effekt. Om odlaren använder arter som kompletterar varandra, använder resurser vid olika tidpunkter eller på skilda sätt, förbättras resursutnyttjandet och samodlingsgrödorna presterar minst lika bra. Under rätt omständigheter kan samodlingssystem producera mer på en mindre yta i jämförelse med renbestånd och med samma skötselåtgärder.

En samodlingsgröda kan med fördel användas för att hålla skadeinsekter borta (Vandermeer, 1989). Att arbeta med samodlingsgrödor mot skadeinsekter, men även för att föröka naturliga fiender kan bli ytterst relevant inom de närmsta åren. Under de senaste åren har flera kemikalier förbjudits på marknaden, vilket lett till att nya alternativ behövs för att ersätta dem. Samodling har en påvisad effekt mot skadeinsekter, men även svampsjukdomar. Metoden kan appliceras på olika sätt beroende på vilka grödor som odlas och mot vilken skadegörare effekten ska ha. Utformningen styrs sedan av detta. Samodlingsgrödan kan odlas i band för att locka till sig en skadegörare, som odlaren sedan kan bespruta. Den kan även odlas mellan rader eller i blandade bestånd för att förvirra och avskräcka. En ökad diversitet i odlingen gynnar även naturliga fiender och insektsätande fåglar (Jones & Sieving, 2006). Det innebär även att odlaren inte behöver använda samma mängd bekämpningsmedel i odlingen eller utsättas för dem i samma grad som innan. Sett i ett större perspektiv utsätts inte heller den omgivande miljön för preparaten (Bennett et, al., 2012). Vissa arter i samodlingskombinationer absorberar också mindre metaller, krom, koppar, järn och kadmium (An et, al., 2011). Odlingsmetoden skulle därför kunna användas för att möjliggöra en skörd på annars obrukbar mark.

Skörden kan ställa till problem om två kulturer kräver olika metoder för skörd. Det kan undvikas genom att de odlas i band istället för blandad samodling om effekten av samodlingen behålls. Att ha kulturer som kan sköras vid olika tidpunkter är dock inte alltid en nackdel. För mindre odlare som genom samodling maximerar användandet av ytan, kan odlingsmetoden ge mer att skörda under en längre period (Vandermeer, 1989). Har samodlingsgrödan ingen ekonomisk betydelse i odlingen eller skördeutbyte kan skörden också ske utan att ta hänsyn till den. Istället kan den plöjas ned efter odlingen (Rämert & Adelsköld, 1995). I de flesta fall kan skörden ske som tidigare. Vid odling av korn och ärt sköras båda arterna tillsammans (Jensen, 1996). Det kan till och med vara en fördel för odlaren som då inte behöver blanda fodret till djuren efter skörd. Andelen inblandning av ärt i fodret regleras vid sådden. Problemet med skörd förknippas oftast med stora odlingar som behöver skörda en viss mängd

snabbt. Men precis som vid renbestånd ökar antalet specialiserade maskiner om det finns en efterfrågan. Behöver fler odlare specialmaskiner kommer den marknaden att utvecklas.

För att samodling ska utvecklas och användas, behövs det mer forskning kring vilka kulturer som kan odlas tillsammans. Odlaren måste förstå fördelarna och få hjälp att kombinera grödor så att odlingsmetoden blir lätt att applicera. Det kan vara lättare för ekologiska odlare att anamma odlingsmetoden eftersom de oftast är vana att arbeta med färre insatsmedel i odlingen. För dem kan det ses som en relativt liten förändring att implementera samodlingssystemet för att förbättra odlingen (Theunissen, 1997). Ska samodling fungera i större odlingar måste fördelarna överstiga en nuvarande odlingsåtgärd, exempelvis bekämpningsmedel. Antingen genom att den ger en bättre effekt eller minskar kostnaderna i odlingen. Odlaren behöver även bli uppmärksam på de långsiktiga fördelarna som finns, genom en ökad biodiversitet (Vandermeer, 1989). Kan marken behålla samma odlingskvalitet eller på lång sikt förbättras och inte utarmas, bör det ses som en trygghet för odlaren väl värd att investera i. Den vetenskapliga bevisningen på de positiva effekterna av samodling bör tas på allvar. Det finns kunskap kring odlingssystemet som måste spridas och förmedlas till odlare. En kontakt och länk mellan forskare, rådgivare och odlare bör etableras för att öka användningen av samodlingsmetoden, men också för att kunna utvärdera, analysera och förbättra den. Metoden bör inte avfärdas som ogenomförbar eller ineffektiv, eftersom det finns flertalet exempel på samodlingar som gett god avkastning och bra effekt mot exempelvis skadegörare. Istället bör metoden ses som en del av arbetet i att förbättra och optimera nuvarande odlingar och göra dem mer motståndskraftiga, miljövänliga och resurseffektiva. Samodling är en metod som kan användas för att utveckla hållbara odlingssystem.

## **Slutsats**

Samodling är en odlingsmetod som innebär att två eller flera kulturer samtidigt odlas tillsammans under samma år. Det är en metod med flera användningsområden, beroende på vad odlaren vill uppnå för effekt. Samodling kan med fördel användas för att minska angrepp av skadeinsekter eller förbättra näringsutnyttjandet i odlingen. I de flesta fall ger samodling fler effekter än beräknat och skyddar både huvudgrödan från insekter samtidigt som näringsutnyttjandet förbättras. Odlingsmetoden behöver inte anses mer avancerad för att fler växter odlas. Det gäller dock att ha kunskap om vilka arter som kan matchas och vilken effekt de ger i odlingen.

Det finns idag kunskap kring samodling, om hur det fungerar och vilka arter som kan odlas tillsammans. Kunskap som kan användas och appliceras i nuvarande odlingar. Däremot behöver kunskapen spridas till odlare och rådgivare för att förbättra och utveckla odlingsmetoden. Den tekniska utvecklingen går hand i hand med efterfrågan. Behövs maskiner sker det en utveckling. Det finns även potential att använda och utnyttja dagens teknik för samodling. Det gäller att se möjligheterna med odlingsmetoden och försöka vända eventuella problem till lösningar.

## Källhänvisning

- Altieri, M.A. (1987). *Agroecology- the scientific basis of alternative agriculture*. Westview Special Studies in Agricultural Science and Policy. Westview press.
- Altieri, M.A. & Liebman, M. i Francis, C.A. (1986). *Insect, weed and plant disease management in mutiple cropping systems*. Multiple Cropping Systems, 9, 183-218. Macmillan, USA.
- An, L., Pan, Y., Wang, Z. & Zhu, C. (2011). Heavy metal absorption of five plant species in monoculture and intercropping. *Plant Soil*, 345, 237-245.
- Baumann, D.T., Bastiaans, L., Goudriaan, J., van Laar, H.H. & Kropff, M.J. (2002). Analysing crop yield and plant quality in an intercroppingsystem using an eco-physiological model for interplant competition. *Agricultural System*, 73, 173-203.
- Bennett, A.J., Bending, G.D., Chandler, D., Hilton, S., & Mills, P. (2012). Meeting the demand for crop production: the challenge of yield decline in crops grown in short rotations. *Biological reviews*, 87, 52-71.
- Björkman, M., Hopkins, R.J., Hambäck, P.A. & Rämert, B. (2009). Effects of plant competition and herbivore density on the development of the turnip root fly (*Delia floralis*) in an intercropping system. *Arthropod-Plant Interactions*, 3, 55-62.
- Björkman, M. (2005). Samodling som växtskydd mot insekter. *Forskningsnytt*, 1, 14-16.
- Båth, B., Rämert, B., Hellqvist, S., Ekbom, B., Eklind, Y., Wivstad, M. & Åkerberg, C. (2001). Gröngödsling i isbergssallat – växtnäringskälla och fångstgröda. *Fakta Trädgård*, 4.
- Connolly, J., Goma, H.C. & Rahim, K. (2001). The information content of indicators in intercropping research. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 87, 191-207.
- Corre-Hellou, G., Diebet, A., Hauggaard-Nielsen, H., Crozat, Y., Gooding, M., Ambus, P., Dahlmann, C. Vo Fragstein, P., Pristeri, A., Monti, M., & Jensen, E.S. *The competitive ability of pea-barley intercrops against weeds and the interactions with crop productivity and soil N availability*. Field Crops Research 122, 264-272
- Gliessman, S.R. i Francis, C.A. (1986). *Plant interactions in multiple cropping systems*. Multiple Cropping Systems, 5, 82-93. Macmillan, USA.
- Gliessman, S.R. (2007). *Agroecology- The ecology of sustianable food systems*, 2nd editon, Taylor & Francis Group, LLC, New York.

- Hart, R.D. & Francis, C.A. (1986). *Ecological framework for multiple cropping research*. Multiple Cropping Systems, 3, 40-55. Macmillan, USA.
- Hauggaard-Nielsen, H., Ambus, P. & Jensen, E.S. (2001). Temporal and spatial distribution of roots and competition for nitrogen in pea-barley intercrops – a field study employing  $^{32}\text{P}$  technique. *Plant and Soil*, 236, 63-74.
- Hauggaard-Nielsen, H., Jørgensen, B., Kinane, J. & Jensen, E.S. (2008). Grain legume-cereal intercropping: The practical application of diversity, competition and facilitation in arable and organic cropping systems. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 23(1), 3-12.
- Horwith, B. (1985). A role for intercropping in modern agriculture. *BioScience*, 35, 5, 286-291.
- Jensen, E.S. (1996). Grain yield, symbiotic  $\text{N}_2$  fixation and interspecific competition for inorganic N in pea-barley intercrops. *Plant and Soil*, 182, 25-28.
- Jones, G.A. & Sieving, K.E. (2006). Intercropping sunflower in organic vegetables to augment bird predators of arthropods. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 117, 171-177.
- Klindt Andersen, M. (2005). Competition and complementarity in annual intercrops – the role of plant available nutrients. PH.D. Thesis. Department of Agricultural Sciences, Denmark
- Liebman, A., & Altieri, M.A. (1987). *Agroecology – the scientific basis of alternative Agriculture*. Westview Press. USA.
- Malézieux, E., Crozat, Y., Dupraz, C., Laurans, M., Makowski, D., Ozier-Lafontaine, H., Rapidel, B., de Tourdonnet, S. & Valantin-Morison, M. (2007). Mixed plant species in cropping systems: concepts, tools and models, A review. *Agronomy for Sustainable Development* 29, 43-62.
- Parkhurst, A.M. & Francis C.A. & Francis, C.A. (1986). *Research methods for multiple cropping*. Multiple Cropping Systems, 13, 285-. Macmillan, USA.
- Piepho, H.P. (1995). Implications of a simple competition model for the stability of an intercropping system. *Ecological Modelling*, 80, 251-256.
- Riotte, L. (1989). *Morötter älskar tomater*. ICA bokförlag, Västerås
- Rämert, B. & Adelsköld, N. (1995). Morotsflugan – Samodling med matlusern minskar angrepp. *Fakta trädgård* 12.

- Schmidt, O., Curry, J.P., Hackett, R.A., Purvis, G. & Clements, R.O. (2001). Earthworm communities in conventional wheat monocropping and low input wheat-clover intercropping systems. *Ann. Appl. Biol.* 138, 377-388.
- Theunissen, J. (1994). Intercropping in field vegetable crops: Pest management by agrosystem diversification- an overview. *Pest Science*, 42, 65-68.
- Theunissen, J. (1997). Application of intercropping in organic culture. *Entomological Research in Organic Agriculture*, 251-259.
- Tosti, G. & Thorup-Kristensen, K. (2010). Using colored roots to study root interaction and competition an intercropped legumes and non-legumes. *Journal of Plant Ecology*, 3 (3), 191-199.
- Vandermerr, J. (1989). *The ecology of intercropping*. Cambridge University Press. Cambridge
- Weidow, B. (1998). *Växtodlingens grunder*. Natur och Kultur/LTs förlag, Helsingborg.
- Willey, R.W. (1979). Part 1. Competition and yield advantages. Intercropping- Its importance and research Needs. *Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops*, 32, 1-10.
- Yildirim, E. & Guvenc, I. (2005). Intercropping based on cauliflower: more productive, profitable and high sustainability. *European Journal of Agronomy*, 22, 11-18.